

Modelos de Administración de Redes Heterogéneas de Computadores. Sistema de Regeneración de Nodos de Red

Francisco Maciá Pérez

Tesis de Doctorado

Facultad: Escuela Politécnica Superior

Director: Dr. Juan Manuel García Chamizo

2001

TESIS DOCTORAL

MODELOS DE
ADMINISTRACIÓN DE REDES
HETEROGÉNEAS DE
COMPUTADORES

SISTEMA DE REGENERACIÓN DE
NODOS DE RED

UNIVERSIDAD DE ALICANTE

TESIS DOCTORAL

MODELOS DE ADMINISTRACIÓN DE
REDES HETEROGÉNEAS DE
COMPUTADORES

SISTEMA DE REGENERACIÓN DE
NODOS DE RED

Presentada por

FRANCISCO MACIÁ PÉREZ

Dirigida por

DR. JUAN MANUEL GARCÍA CHAMIZO

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA INFORMÁTICA Y
COMPUTACIÓN

MAYO DE 2001

Para María Jesús y Álex

*"La originalidad no puede ser nunca
un propósito."*
Andreu Alfaro.

Agradecimientos

Es curioso pensar que cualquiera que pueda estar leyendo este apartado lo hará como si del primero se tratase cuando, en realidad, es el último que he decidido abordar. Cuando empecé a escribir esta memoria pensé que sería una buena idea marcarme un esquema con los principales capítulos y puntos que debería contener. Uno de los primeros que surgió fue éste, el de los agradecimientos. Pensé en él como un mero trámite. Al fin y al cabo todo el mundo lo incluye en su trabajo. De hecho, hasta me había planteado previamente unas líneas básicas con el fin de no olvidar nada y, sobre todo, a nadie:

*“Una tesis doctoral no surge como un producto aislado...
Tutores, impulsores....
Gente del grupo que aporta, aguanta, sugiere, ...
Medios técnicos...
Ideas geniales....
Gente aparentemente no relacionada...
Finalmente, mi familia...”*

Sin embargo, ahora que el proyecto ya está llegando a su culminación, ahora que he pasado todo un año inmerso en su redacción, ahora que he podido tratar y trabajar con tanta gente distinta, ahora que he tenido que robar tantas y tantas horas a mi familia, ahora que... Ahora ya no me parece un mero trámite.

Sé que muchos de los que lleguen realmente a leer este apartado esperarán verse reflejados de alguna forma en él. Por esta razón, quiero comenzar pidiendo mis más sinceras disculpas a todas aquellas personas a las que no haya mencionado explícitamente y

que seguro que, si están leyendo esto, deberían aparecer. Y es que en eso sí tengo experiencia. Siempre hay alguien muy importante, muy cercano, muy implicado, del que me olvido.

En fin, ha llegado la hora de la verdad y, ante todo, ya tengo bastante claro por dónde empezar. Mis más sinceros agradecimientos y mi más sincero cariño a mi familia, a mi mujer María Jesús y a mi hijo Álex. Y no por ser consciente de que pertenecen a ese pequeño grupo que leerá estas líneas. Tampoco por haber aguantado en los momentos malos. Ni tan siquiera, por haberles robado tantas noches, fines de semana e incluso vacaciones. Simplemente, por no haber hecho en ningún momento que tuviera que sentirme culpable por ello. Muchas gracias María Jesús. Muchas gracias Álex. Os quiero.

En segundo lugar están mis padres, mi hermana y mis hermanos. Aunque siempre que he leído esto en algún libro (por no hablar de la entrega de los Oscar), no he podido dejar de pensar en que suena totalmente a tópico. También en este caso, la realización de la tesis doctoral, me ha enriquecido en humildad. Al fin y al cabo, si ahora estoy aquí escribiendo esto, en gran medida se lo debo a ellos, que fueron los primeros en creer en mí. Gracias Antonio (el almacén de información más grande y variada que se puede encontrar), Pepe (no te preocupes, ya sé que es *Jose*), Carlos (espero que cuando estrenen tu primera película no te olvides de nosotros), Ana (que siempre será nuestra *nena*) pero, sobre todo, gracias mamá, gracias papá.

En tercer lugar, mis agradecimientos más sinceros a Juanma, mi director de tesis. Aunque le debo muchas cosas, como su continuo apoyo, ideas geniales, discusiones, críticas, charlas, charlas largas, larguísimas charlas, ... por lo que realmente me siento agradecido con él es por haber hecho que, además, todo esto haya sido tan ameno como para no haberlo considerado nunca ni un trabajo y ni una obligación. Gracias Juanma.

A partir de aquí el orden ya no está tan claro. Están mis amigos, mis compañeros, mis colaboradores y, en definitiva, todos aquellos que han contribuido de alguna forma a que este documento sea una realidad. Pero cómo ordenarlos, sobre todo si tenemos en cuenta que estas características se entremezclan constantemente. Por esta razón, no seguiré ningún orden lógico, simplemente iré mencionándolos según se me ocurran.

Quiero agradecer su apoyo y trabajo a Sori, Juan Carlos y Juan Antonio, con los que, además de haber colaborado durante

mucho tiempo y en facetas muy distintas, también me une una gran amistad. A Diego, Goyo y Mora, mis más directos colaboradores en los últimos meses y con los que espero seguir trabajando. A Jero, Andrés, Paco, Toni, José Luis, María Teresa y Ana (nuestra filóloga particular) que, además de grandes amigos, siempre han estado dispuestos a perder el tiempo que hiciera falta para discutir, comentar, aclarar o sugerir cualquier tema o cualquier aspecto del mismo. También quiero agradecer su disposición a aguantar mis exposiciones e ideas a Dani, Javi, Higinio y Jorge. A las últimas incorporaciones, totalmente volcadas en el proyecto, Misael, Dani y José Luis. A nuestra querida secretaria Anabel. En resumen, a todos, mi más sincero agradecimiento. Espero tener la posibilidad de poder devolveros vuestra inestimable ayuda y continuo apoyo.

Elx, a 30 de abril de 2001

Francisco Maciá

Prefacio

Cierto día de 1994, recién ingeniero, me surgió la oportunidad de viajar a Praga. Ya estábamos en la zona de embarque del aeropuerto de Valencia esperando a que un autobús nos acercara hasta nuestro avión, cuando oímos un escueto anuncio por megafonía: “Señoras y señores pasajeros del vuelo AAA000 con destino a Praga, les anunciamos que debido a un fallo generalizado en nuestros sistemas informáticos, este vuelo se verá retrasado hasta nuevo aviso”. Inmediatamente mis compañeros de viaje, veinticuatro recién licenciados en Geografía e Historia, entre los que se encontraba la que años después se convertiría en mi querida esposa, se volvieron hacia mí con cara de perplejidad. Yo no pude hacer otra cosa que encogerme de hombros. Aquella situación dio origen a una obsesión.

En ese mismo vuelo hice un primer esbozo de un sistema que impidiera que esto pudiera seguir sirviendo de excusa ante situaciones como la ocurrida en aquel aeropuerto. Para entonces ya estaba trabajando casi las 24 horas del día —o al menos eso me parecía a mí—, organizando los sistemas informáticos para empresas de diversos ámbitos económicos y, aunque siempre procuré incluir mis planes de recuperación desde el primer día, la verdad es que rara vez resultaron ser suficientes.

Sin embargo persistía la idea de un sistema de recuperación y, entre proyecto y proyecto, solía acudir a muchas de las empresas para las que había trabajado, incluso a las de la competencia, donde me pasaba largo tiempo paseando entre sus sistemas, su personal y sus instalaciones, imaginando las situaciones más

desastrosas que se pudieran imaginar, en un intento por reunir todas las piezas que consiguieran ayudarme a completar mi puzzle.

En 1996 comencé a trabajar en la Universidad de Alicante como Administrador de Sistemas, lo que me dio la verdadera oportunidad de dedicarme a este fin. El desarrollo de un Sistema de Regeneración de Nodos de Red (NRS).

Entendiendo que el NRS representa una característica que debería formar parte de los sistemas actuales y futuros, integrada en los mismos como parte de un todo, ha sido necesario revisar su especificación de esa misma forma, es decir, contemplando todo el sistema. De esta forma, antes de llegar a nuestro objetivo inicial, hemos preferido plantear distintos modelos que permitan una verdadera convergencia entre aplicaciones, servicios, procesos de gestión, plataformas y tecnologías. A partir de dichos modelos presentamos nuestro sistema de regeneración junto con diversos escenarios de aplicación.

En definitiva, esta tesis plantea una metodología para el estudio y especificación de modelos orientados a la administración de redes heterogéneas de computadores. Yo he encontrado fascinante esta tarea y pienso que también lo será para los lectores.

Paco Maciá

Resumen

En esta tesis se realiza un estudio detallado sobre los problemas de administración de sistemas informáticos y redes de computadores, centrado fundamentalmente en la regeneración autónoma de dichos sistemas, con independencia de su naturaleza y de la de sus componentes. Todo ello mediante la obtención de un sistema de regeneración de nodos de red —lo que se ha convenido en denominar NRS— que cumpla una serie de requisitos encaminados a conseguir un sistema que pueda adaptarse a configuraciones muy variadas.

Se ha dividido el trabajo en cinco áreas fundamentales:

- Una revisión del *estado del arte* sobre aspectos referentes a la gestión de sistemas informáticos y redes de comunicaciones.
- Especificación de un modelo de servicios de red genérico que permite la integración de los distintos servicios y aplicaciones y la gestión de las tecnologías que los sustentan.
- El propio sistema de regeneración de nodos, planteado como un servicio más, integrado en el modelo de gestión anterior.
- Un sistema hardware/software acelerador de la plataforma propuesta. Se presenta un dispositivo físico específico capaz de albergar una versión embebida de esta plataforma.
- Un estudio sobre diversos escenarios de desarrollo del sistema en el que se intenta abarcar configuraciones y tecnologías muy diversas: tarjetas inteligentes, satélite, computación y telefonía móvil, etc.

- Por otro lado, se presenta una propuesta de evaluación del propio modelo con el fin de reflexionar sobre su validez de una forma lo más sistematizada posible.

Para abordar este planteamiento se han empleado diversos paradigmas y tecnologías —como los sistemas multiagente, los agentes móviles y la inteligencia artificial distribuida—, buscando, sobre todo, herramientas que pudieran proporcionar la suficiente capacidad expresiva con la que poder abarcar el desarrollo integral de un sistema tan ambicioso.

Con este enfoque se ha querido proporcionar un método sistemático para el estudio, diseño e implantación de aplicaciones y servicios de red con características más o menos similares al servicio de regeneración: mercados electrónicos, bases de datos distribuidas, servicios multimedia, recolección de basura, la gestión distribuida de recursos y un largo etcétera.

Resum

En aquesta tesi realitzem un estudi detallat sobre els problemes d'administració de sistemes informàtics i xarxes de computadors i ens centrem fonamentalment en la regeneració automàtica d'aquests sistemes, independentment de la seva naturalesa i dels seus components. Tot allò mitjançant l'obtenció d'un sistema de regeneració de nodes de xarxa —allò que hem convingut anomenar NRS— que complisca una sèrie de requisits encaminats a aconseguir un sistema que puga adaptar-se a configuracions ben diferents.

Hem dividit el treball en cinc àrees fonamentals:

- Una revisió de l'estat de l'art sobre aspectes referents a la gestió de sistemes informàtics i xarxes de comunicacions.
- Especificació d'un model de serveis de xarxa genèric que permet la integració dels distints serveis i aplicacions i la gestió de les tecnologies que els sustenten.
- El sistema de regeneració de nodes en si mateix, plantejat com un servei més, integrat en el model de gestió anterior.
- Un sistema hardware/software accelerador de la plataforma que es proposa. Es presenta un dispositiu físic específic capaç d'allotjar una versió inclosa dins d'aquesta plataforma.
- Un estudi sobre diversos escenaris de desenvolupament del sistema, en què s'intenten abastar configuracions i tecnologies molt diverses: targetes intel·ligents, satèl·lit, computació i telefonia mòbil, etcètera.



- Per altra banda, es presenta una proposta d'avaluació del propi model amb el fi de reflexionar sobre la seva validesa d'una forma el més esquematitzada possible.

Per tractar aquest plantejament hem fet servir diversos paradigmes i tecnologies —com els sistemes multiagent, els agents mòbils i la intel·ligència artificial distribuïda—, buscant, per damunt de tot, eines que ens pogueren proporcionar prou capacitat expressiva per a poder abastar el desenvolupament integral d'un sistema tan ambiciós.

Amb aquest enfocament hem volgut proporcionar un mètode sistemàtic per a l'estudi, el disseny i la implementació d'aplicacions i serveis de xarxa amb característiques més o menys similars al servei de regeneració: mercats electrònics, bases de dades distribuïdes, serveis multimèdia, recollida d'escombraries, la gestió distribuïda de recursos i moltes més coses.

Abstract

In this thesis, we are carrying out a detailed study of the management problems of computer systems and communication networks, focussing essentially on the stand-alone regeneration of these systems, irrespective of their nature and that of their components. This is being done by means of a network node regeneration system—which we have called NRS—which fulfils a series of requisites directed towards obtaining a system that can be adapted to a wide variety of configurations.

We have divided the study into five basic areas:

- A review of the state of the art on aspects relating to computer systems and communication networks management.
- Specification of a generic network services model that allows for the integration of the different services and applications and the management of the technologies that support them.
- The node regeneration system itself, designed as just another service integrated into the aforementioned management model.
- An hardware/software accelerator system for the proposed platform. We propose a specific physical device capable of storing an incorporated version of this platform.
- A study of different system development scenarios to include a wide variety of configurations and technologies: smart cards, satellite, computation and mobile telephones etc.

- In addition, we provide an assessment proposal in order to test the system's validity as systematically as possible.

In order to tackle this proposal, we have used several paradigms and technologies —such as multi-agent systems, mobile agents and distributed artificial intelligence— seeking, above all, tools with sufficient expressive capacity to enable us to undertake the integral development of such an ambitious system.

With this approach, we aim to provide a systematic method for the study, design and implantation of network applications and services with more or less similar characteristics to those of the regeneration service: electronic markets, distributed data bases, multimedia services, waste collection, distributed resource management and many more.

Resumen del Contenido

INTRODUCCIÓN,	31
UN MARCO FORMAL,	79
ORGANIZACIÓN DEL NRS,	111
PLATAFORMA MULTIAGENTE,	169
ACELERADOR DEL NRSF,	201
CONCLUSIONES,	253
APENCIDES,	259
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS,	313
GLOSARIO DE TÉRMINOS,	333
ÍNDICE,	343

Contenido

AGRADECIMIENTOS	9
PREFACIO	13
RESUMEN	15
RESUM	17
ABSTRACT	19
RESUMEN DEL CONTENIDO	21
CONTENIDO	23
FIGURAS	29
TABLAS	35

CAPÍTULO 1

<u>INTRODUCCIÓN</u>	<u>37</u>
MOTIVACIÓN	41
OBJETIVOS	42
ESTADO DEL ARTE	47
LOS AGENTES EN LAS REDES DE COMPUTADORES	49
DEFINICIONES RELACIONADAS CON AGENTES	51
REDES DE COMUNICACIONES	66
CONCLUSIONES	78
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	80

CAPÍTULO 2

UN MARCO FORMAL	87
ESPACIO DE ACCIONES	89
ACCIONES Y TRANSFORMACIÓN DE UN ESTADO GLOBAL	91
ACCIONES Y REACCIONES	93
AGENTES	95
AGENTES REFLEJOS	97
AGENTES COGNITIVOS	100
EL MODELO NRS	102
MODELADO DE UN MAS MEDIANTE BRIC	113
RESUMEN	115

CAPÍTULO 3

ORGANIZACIÓN DEL NRS	119
ANÁLISIS FUNCIONAL	120
AGENTE DE REGENERACIÓN	121
AGENTE DE INICIO DE NODO	123
AGENTE INTERFAZ DEL SERVICIO	124
AGENTE INTERFAZ DEL RECURSO	126
AGENTE DE ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA	129
AGENTE DE CONTEXTO	132
AGENTE DE SEGURIDAD	133
AGENTE GENERADOR DE AGENTES	135
AGENTE INTERFAZ DE ADMINISTRACIÓN	136
AGENTE DE SOLICITUD DE ADMINISTRACIÓN	138
ANÁLISIS ESTRUCTURAL	142
MODELOS BÁSICOS DE AGENTE	144
MODELO DE REGENERACIÓN	144
MODELO DE ADMINISTRACIÓN	150
MODELO DE ADMINISTRACIÓN DESATENDIDA	157

.....	Contenido	25
MODELO VEGETATIVO		159
MODELO DE SEGURIDAD		160
MODELO DE COLABORACIÓN		164
CONCRECIÓN DE PARÁMETROS		166

CAPÍTULO 4

PLATAFORMA MULTIAGENTE **169**

VISIÓN GENERAL DEL SISTEMA	170
NIVEL HARDWARE	173
NIVEL DE SO	173
NIVEL NRSF	174
NIVEL DE APLICACIÓN Y SERVICIOS	175
ORGANIZACIÓN DEL NRSF	176
CONTEXTOS	178
SERVICIOS BÁSICOS DE EJECUCIÓN	180
COMUNICACIONES	181
SEGURIDAD	183
MODELO DE SERVICIOS	184
MODELO VEGETATIVO	187
CREACIÓN Y CLONACIÓN	188
DESTRUCCIÓN	189
DESACTIVACIÓN Y ACTIVACIÓN	189
TRANSFERENCIA Y RECEPCIÓN	190
SERIALIZACIÓN Y DESERIALIZACIÓN	191
CODIFICACIÓN Y DECODIFICACIÓN	192
EL SERVICIO DE REGENERACIÓN DE NODOS	193
VISIÓN GENERAL DEL SISTEMA	194
SERVICIO DE SEGURIDAD	195
SERVICIO DE ADMINISTRACIÓN	196
SERVICIO DE REGENERACIÓN DE NODOS	198

CAPÍTULO 5

ACELERADOR DEL NRSF 201

JUSTIFICACIÓN 202

TOPOLOGÍA 203

DIAGRAMA DE BLOQUES FUNCIONAL 208

MÓDULO DE COMUNICACIONES 209

MÓDULO DE PROCESAMIENTO 210

SINCRONIZACIÓN Y COMUNICACIÓN 212

NRSF EMBEBIDO 214

ARQUITECTURA SOFTWARE 215

TRANSFERENCIA DE AGENTES 222

RECEPCIÓN DE AGENTES 224

TRANSFERENCIA DE MENSAJES 227

RECEPCIÓN DE MENSAJES 229

ACTIVACIÓN Y DESACTIVACIÓN DE AGENTES 233

MODELO DE SERVICIOS NRSC PARA AGENTES 236

EL PROTOCOLO NRSP 244

PROTOCOLO T=1 246

PROTOCOLO DE APLICACIÓN 247

COMANDOS Y RESPUESTAS NRSF 249

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES 253

APORTACIONES 253

LÍNEAS DE CONTINUACIÓN 257

APÉNDICE A

UTILIZACIÓN DE HEURÍSTICAS 259

COBERTURA SOBRE EL VECTOR DE INFLUENCIAS	259
EXPERIMENTOS	263
COBERTURA SOBRE LA FUNCIÓN DE REACCIÓN	265

APÉNDICE B

EL MARCO MAS 269

VISIÓN GENERAL	271
EL ENTORNO	271
LOS AGENTES	273
UN EJEMPLO CLÁSICO	275

APÉNDICE C

EVALUACIÓN DEL NRS 279

EL MÉTODO DE EVALUACIÓN GQM	280
LOS OBJETIVOS Y LAS PREGUNTAS	280
LAS MÉTRICAS	283
FÓRMULAS DE INTERPRETACIÓN	284
GRADO DE ESPECIALIZACIÓN	284
GRADO DE REDUNDANCIA	285
EVALUACIÓN DEL SISTEMA	285
EVALUACIÓN DE LA DEPENDENCIA DEL ENTORNO	285
EVALUACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN DESATENDIDA	287
AUTOADAPTABILIDAD	288
CONCLUSIONES	289

A P É N D I C E D

<u>IMPLEMENTACIONES PROTOTÍPICAS</u>	<u>291</u>
SISTEMA DE INICIO	292
SERVICIO DE REGENERACIÓN BÁSICO	294
SERVICIO DE REGENERACIÓN MAS	295
INTERFACES DE GESTIÓN	296
EN LA ACTUALIDAD	298
ESCENARIOS DE EVOLUCIÓN	300

A P É N D I C E E

<u>PROTOTIPO DE ACELERADOR NRSF</u>	<u>303</u>
DIAGRAMA DE BLOQUES FUNCIONAL	304
MÓDULO DE COMUNICACIONES	305
MÓDULO DE PROCESAMIENTO	307
SINCRONIZACIÓN Y COMUNICACIÓN	309

<u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	<u>313</u>
<u>GLOSARIO DE TÉRMINOS</u>	<u>333</u>
<u>ÍNDICE</u>	<u>343</u>

Figuras

Figura 1-1	Esquema del Sistema de Regeneración de Nodos (SRN).	43
Figura 1-2	Red de Petri con las transiciones de un agente de regeneración.	82
Figura 1-3	Componentes del Servicio de Regeneración de Nodos.	85
Figura 2-1	Estructura interna de un agente: percepción-deliberación-ejecución.	88
Figura 2-2	Representación gráfica de un Agente reflejo o reactivo.	97
Figura 2-3	Representación gráfica de un MAS formado por agentes reflejos.	99
Figura 2-4	Representación gráfica de un agente cognitivo.	100
Figura 2-5	Representación gráfica de un MAS compuesto por agentes cognitivos.	103
Figura 2-6	Agentes del Servicio de Regeneración de Nodos en un posible escenario de desarrollo.	107
Figura 2-7	Estructura de un componente BRIC y sus terminales.	114
Figura 2-8	Estructura interna de un agente PDE con capacidades de comunicación modelado mediante componentes BRIC.	114
Figura 3-1	Ejemplo de estructura de un contexto NRS en el que se pueden apreciar los distintos agentes que la integran.	120
Figura 3-2	Estructura interna de un agente de regeneración (RA) con interfaz para un solo tipo de agente (SIA).	121
Figura 3-3	Estructura interna de un agente de interfaz del servicio (SIA).	126
Figura 3-4	Estructura interna de un agente interfaz de recurso (RIA).	128
Figura 3-5	Estructura interna de un agente administrador del sistema (SMA).	131
Figura 3-6	Estructura interna de un agente de seguridad (SA).	134

30 Modelos de Administración de Redes Heterogéneas

Figura 3-7	Estructura interna de un agente interfaz de recurso (AGA).	135
Figura 3-8	Estructura interna de un agente interfaz de administración (MIA).	137
Figura 3-9	Estructura interna de un agente interfaz de solicitud de administración (MRA).	139
Figura 3-10	Estructura general de un NRS.	143
Figura 3-11	Modelo de regeneración del NRS.	144
Figura 3-12	Proceso de contratación mediante la técnica de red de contratos: (a) Solicitud de proveedores. (b) Envío de propuestas. (c) Selección del proveedor. (d) Establecimiento del contrato.	145
Figura 3-13	Estructura interna de un agente de regeneración.	146
Figura 3-14	Modelo conversacional para una solicitud de recurso.	149
Figura 3-15	Ejemplo de solicitud de servicio a un servicio de regeneración de nodos.	150
Figura 3-16	Modelo de administración del NRS.	151
Figura 3-17	Representación gráfica mediante redes de Petri del modelo conversacional utilizado para la transferencia de tareas de gestión entre un MRA y un SMA.	152
Figura 3-18	Representación gráfica mediante redes de Petri del modelo conversacional utilizado para la transferencia de información entre los agentes internos al servicio y un SMA.	154
Figura 3-19	Representación gráfica mediante redes de Petri del modelo conversacional utilizado para la transferencia de tareas de gestión entre un MRA y un SMA.	155
Figura 3-20	Ejemplo de solicitud de gestión de un recurso NRS.	156
Figura 3-21	Modelo de auto-administración del NRS.	158
Figura 3-22	Modelo Vegetativo del NRS presentado como extensión del modelo de administración y administración desatendida.	159
Figura 3-23	Modelo de seguridad del NRS.	160
Figura 3-24	Solicitud de certificados.	162
Figura 3-25	Posible escenario de actuación del Sistema de Regeneración de Nodos NRS.	167
Figura 4-1	Componentes involucrados en el sistema.	171
Figura 4-2	Esquema de máquina virtual basada en el marco NRS para un nodo de la red de comunicaciones.	171
Figura 4-3	Capa virtual actuando como máquina virtual de red de comunicaciones orientada a agentes.	172
Figura 4-4	Estructura por niveles de un nodo de red.	173
Figura 4-5	Diagrama del Marco NRS, compuesto por cuatro interfaces.	176

Figura 4-6	Estructura del NRSF, componentes que lo integran y su organización.	177
Figura 4-7	Estructura de un agente y su contexto.	179
Figura 4-8	Comunicación mediante proxys de agentes. (a) Comunicación entre agentes ubicados en un mismo nodo. (b) Comunicación entre agentes ubicados en distintos nodos.	183
Figura 4-9	Esquema lógico del funcionamiento del modelo de servicios del NRSF similar al paradigma cliente/servidor.	184
Figura 4-10	Esquema lógico del funcionamiento del modelo de servicios del NRSF a través de proxys de agente.	186
Figura 4-11	Organización de los módulos que intervienen en el modelo de servicios del NRSF y proceso de comunicación entre agentes.	187
Figura 4-12	Representación gráfica del ciclo de vida de un agente mediante redes de Petri.	188
Figura 4-13	Desactivación y Activación de un agente representado mediante una red de Petri.	190
Figura 4-14	Envío y Recepción de un agente representado mediante una red de Petri.	191
Figura 4-15	Elementos implicados en el envío y recepción de un agente.	192
Figura 4-16	El servicio de regeneración de nodos basado en el marco NRSF.	195
Figura 4-17	Servicio de Seguridad integrado en la plataforma NRSF.	196
Figura 4-18	Servicio de Administración integrado en la plataforma NRSF.	197
Figura 4-19	Servicio de Regeneración de Nodos de Red (NRS) integrado en la plataforma NRSF.	199
Figura 5-1	Diagramas de bloques con los distintos tipos de topología de conexión planteados para el coprocesador NRSC.	204
Figura 5-2	Diagrama de bloques funcional del dispositivo coprocesador del NRSF.	208
Figura 5-3	Diagrama de bloques funcional del módulo de comunicaciones.	210
Figura 5-4	Diagrama de bloques funcional del módulo de coprocesador NRSC.	211
Figura 5-5	Diagrama de bloques funcional del módulo de comunicación y sincronización de información.	213
Figura 5-6	Diagrama de bloques funcional del dispositivo físico de comunicaciones y procesamiento.	214
Figura 5-7	Componentes involucrados en el sistema.	216
Figura 5-8	Estructura por niveles del NRSF embebido para un coprocesador NRSC.	217
Figura 5-9	Relación entre los distintos dispositivos y módulos software que se ven afectados en el ámbito del sistema operativo.	219

Figura 5-10	Módulos implicados en la transferencia de agentes.	222
Figura 5-11	Traza con los pasos más significativos del proceso de transferencia de agentes mediante el coprocesador NRSC.	224
Figura 5-12	Módulos implicados en la recepción de agentes.	225
Figura 5-13	Traza con los pasos más significativos del proceso de recepción de agentes a través del coprocesador NRSC.	227
Figura 5-14	Módulos implicados en la transferencia de mensajes.	228
Figura 5-15	Traza con los pasos más significativos del proceso de transferencia de mensajes mediante el coprocesador NRSC.	230
Figura 5-16	Módulos implicados en la recepción de mensajes a través del coprocesador NRSC.	231
Figura 5-17	Traza con los pasos más significativos del proceso de recepción de mensajes a través del coprocesador NRSC.	233
Figura 5-18	Módulos implicados en la desactivación de agentes a través del coprocesador NRSC.	234
Figura 5-19	Traza con los pasos más significativos del proceso de desactivación y posterior activación de un agente mediante el coprocesador NRSC.	237
Figura 5-20	Modelo de servicios para agentes del coprocesador NRSC.	238
Figura 5-21	Módulos implicados en la solicitud de servicios registrados en el coprocesador NRSC.	240
Figura 5-22	Traza con los pasos más significativos del proceso de registro, carga y descarga de un agente de servicio, mediante el coprocesador.	243
Figura 5-23	Niveles organizativos de la pila NRSP.	244
Figura 5-24	Diseño de una pila NRSP basada en el protocolo T=1 (Norma ISO-7816-3).	246
Figura 5-25	Paquetes de datos en el Protocolo T=1.	247
Figura 5-26	Formato de un comando APDU.	248
Figura 5-27	Formato de una respuesta APDU.	248
Figura 5-28	Trama utilizada tanto por el Comando NRSF, como por la Respuesta NRSF.	250
Figura A-1	Representación gráfica de un MAS con una heurística sobre el vector de influencias.	262
Figura A-2	Porcentaje de reconocimiento según los estados.	264
Figura A-3	Porcentaje de reconocimiento según el número de disfunciones.	265
Figura A-4	Representación gráfica de un MAS en el que la función de reacción se ha sustituido por una heurística.	266

Figura B-1	Estructura global de un sistema MAS compuesto por agentes PDE y utilizando UML.	270
Figura B-2	Estructura del entorno MAS en formato UML.	272
Figura B-3	Estructura general de un Agente PDE en formato UML.	274
Figura D-1	Proceso de carga remota del núcleo Linux. (1) Identificación y obtención de IP. (2) Obtención de un núcleo de sistema operativo. (3) Conexión a sistema de archivo remoto.	292
Figura D-2	Laboratorio de PCs en los que se utiliza el sistema de regeneración desde hace varios años.	294
Figura D-3	Diagrama con los elementos implicados en el NRS y su estructura.	295
Figura D-4	Ejemplo de escenario de actuación del sistema interfaz de gestión del NRS basado en agentes Web.	296
Figura D-5	Diversas vistas de la interfaz de gestión del NRS basada en agentes Web.	297
Figura D-6	Ejemplo de escenario de actuación del sistema interfaz de gestión del NRS basado en los agentes MIA y ARA.	297
Figura D-7	Diversas vistas de la interfaz de gestión del NRS, MIA.	298
Figura D-8	Posible escenario de aplicación del sistema de gestión integrando distintas tecnologías: tarjetas inteligentes, Internet y Web, telefonía móvil GSM y el sistema de regeneración de nodos.	299
Figura D-9	Posible escenario de aplicación del sistema de regeneración que integra distintas tecnologías: Internet y Comunicación vía satélite.	301
Figura E-1	Diagrama de bloques funcional del dispositivo coprocesador del NRSF para un ordenador personal compatible IBM y una red de comunicaciones compatible con la norma Ethernet 10BaseT.	304
Figura E-2	Diagrama de bloques funcional del módulo NIC compatible con una red ethernet 10BaseT.	305
Figura E-3	Diagrama de bloques funcional del módulo de coprocesador NRSC.	307
Figura E-4	Diagrama de bloques funcional del módulo de comunicación y sincronización de información entre dispositivos.	310
Figura E-5	Diferentes vistas de los esquemas eléctricos del prototipo desarrollados mediante OrCAD	312
Figura E-6	Fotografías de los prototipos. Izquierda: Módulo NRSC. Derecha: Módulo NIC mientras era verificado con un analizador lógico.	312

Tablas

Tabla 1-1	Desventajas de la utilización del paradigma de agentes móviles.	56
Tabla 1-2	Ventajas del paradigma de agentes móviles.	57
Tabla 1-3	Beneficios de la utilización de MAS.	59
Tabla 1-4	Beneficios de la utilización de modelos de control distribuido.	70
Tabla 2-1	Resumen de la formulación empleada para el Espacio de Acciones.	115
Tabla 2-2	Resumen de la formulación empleada para la especificación de un agente: Definiciones generales.	115
Tabla 2-3	Resumen de la formulación empleada para la especificación de un agente reflejo o reactivo.	116
Tabla 2-4	Resumen de la formulación empleada para la especificación de un agente cognitivo.	116
Tabla 2-5	Resumen de la formulación empleada para la especificación de un sistema multiagente reflejo o reactivo.	117
Tabla 2-6	Resumen de la formulación empleada para la especificación de un sistema multiagente cognitivo.	117
Tabla 3-1	Resumen de los agentes implicados en el sistema de regeneración de nodos (NRS) organizados por su pertenencia o no al servicio de regeneración.	121
Tabla 3-2	Resumen los distintos tipos de mensajes o solicitudes que puede recibir un agente de administración del sistema.	130
Tabla 3-3	Resumen del análisis funcional según sus distintos niveles.	140
Tabla 3-4	Resumen de las interfaces existentes entre agentes.	142

36 Modelos de Administración de Redes Heterogéneas

Tabla 5-1	Resumen comparativo entre las distintas topologías de conexión planteadas.	207
Tabla 5-2	Servicios ofrecidos por el coprocesador NRSC.	221
Tabla 5-3	Protocolo de transferencia de agentes entre host, NRSC y NIC.	223
Tabla 5-4	Protocolo entre host, NRSC y NIC utilizado para la recepción de agentes a través del coprocesador NRSC.	226
Tabla 5-5	Protocolo de transferencia de mensajes entre Host, NRSC y NIC.	229
Tabla 5-6	Protocolo entre host, NRSC y NIC utilizado para la recepción de mensajes a través del coprocesador NRSC.	232
Tabla 5-7	Protocolo de desactivación y activación de agentes entre Host y NRSC.	235
Tabla 5-8	Protocolo de solicitud de servicios de agente al NRSC.	241
Tabla 5-9	Comandos reconocidos por el protocolo NRSP y sus respectivas respuestas.	249
Tabla 5-10	Códigos asignados a los Comandos NRSF y a sus respectivas respuestas.	250
Tabla 5-11	Direcciones asignadas a los distintos dispositivos implicados en la comunicación mediante el protocolo NRSP.	250
Tabla C-1	Preguntas sobre la heterogeneidad.	283
Tabla C-2	Preguntas sobre la administración desatendida del NRS.	283
Tabla C-3	Preguntas sobre la capacidad de adaptación del NRS.	284
Tabla C-4	Métricas básicas.	285
Tabla C-5	Dependencias entre los agentes y las entidades del NRS.	288
Tabla C-6	Procesos de administración del NRS.	289
Tabla D-1	Comparativa de tiempos de instalación con diversos sistemas.	291